株式会社Ｔ＆Ｔ
ミツヤ設計株式会社

令和二年度 ドローン先行的利活用業務（第１回公募・テーマＢ分）
実施内容報告書

１　受託業務

（1）回転翼ドローンを用いたカメラ撮影により、港湾施設（テトラポット等）の状況の把握と詳細状況調査を台風発生後に実施。

２　実施内容報告

（1）港湾施設（テトラポット等）の状況の把握

①概要

・台風発生前に測量のための基準点測量を実施。
・台風発生後、効率化・精度の検証のため、写真測量だけでなく、回転翼ドローンによる航空レーザ測量も併せて実施。
・台風発生後１週間以内に現場写真を納品し、２週間以内に３次元データを納品。

②使用ドローン及び性能等

・Phantom4　Pro　V2.0（DJI 社製）
搭載カメラ：純正カメラ　静止画 2000 万画素、動画４K

・Matrice600　Pro（DJI 社製）
搭載レーザ：イエロースキャン社製
レーザ測定器「YellowScan VX-15」

・イエロースキャン社製　レーザ測定器「YellowScan Vx-15」

③必須提案事業実施内容

1）基準点測量（台風発生前）
2）DJI 社製無人航空機「Phantom4　ProV2.0」による空中写真測量（台風発生前）
3）DJI 社製無人航空機「Matrice600Pro」による航空レーザ測量（台風発生前）
4）台風発生後に再度空中写真測量及び航空レーザ測量を実施する。（自由提案事業）

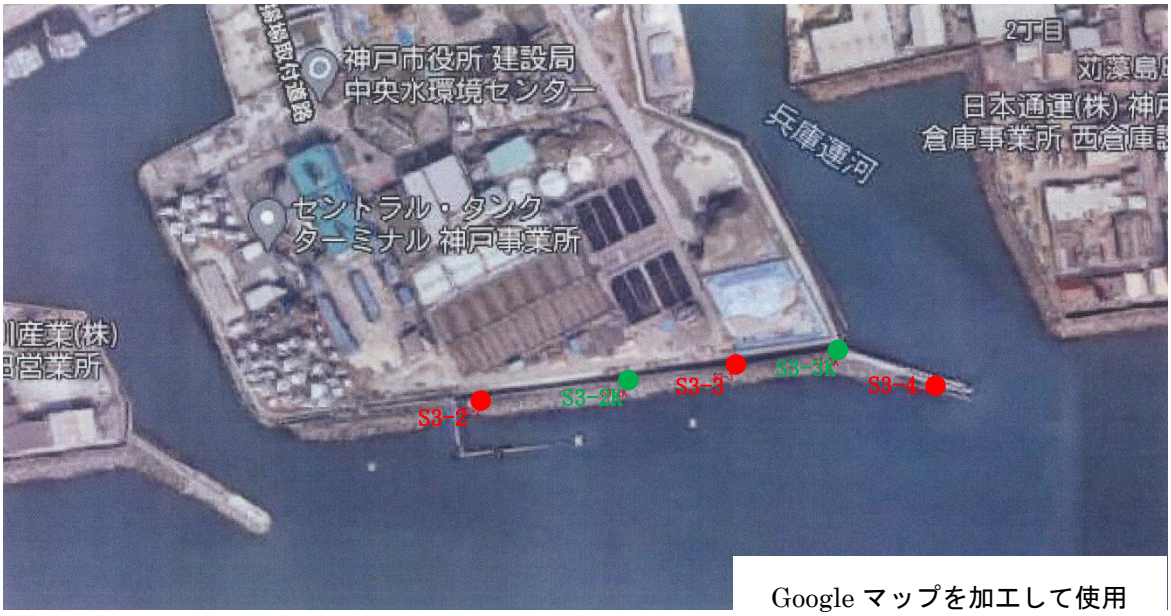
1．基準点測量（台風発生前）

1）内容・方法

場所：Section2（神戸市長田区遠矢浜　地内）

Google マップを加工して使用

場所：Section3-1（神戸市長田区遠矢浜　地内）



Google マップを加工して使用

場所：Section3-2（神戸市長田区遠矢浜　地内）

Google マップを加工して使用

場所：Section4（神戸市長田区遠矢浜　地内）

Google マップを加工して使用

作業日時：令和２年９月 28 日(月)、10 月１日（木）

観測者　：㈱Ｔ＆Ｔ、ミツヤ設計㈱

内容・方法：

・実施内容

①標定点 ● は約 200m間隔で鋲を埋設。また、標定点間に検証点 ● を埋設。

②鋲を埋設後、GNSS 測量によって、座標値を観測。

・実施体制

観測者　１人、鋲埋設者　１人、補助者　２人

２.空中写真測量（台風発生前）

１）内容・方法

1）標定点・検証点の設置

（1）各基準点に標定点・検証点用の対空標識を設置する。（下図参照）

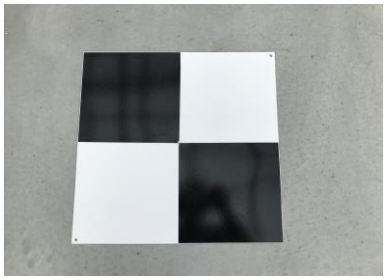


図-1　標定点

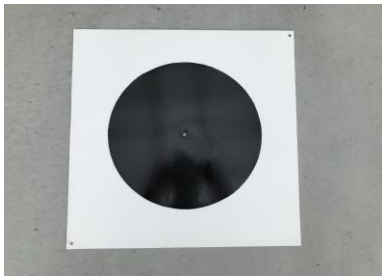


図-2　検証点

2）飛行計画及び飛行実施

（1）飛行高度 30～50m、飛行速度 3～7m/ｓ、オーバーラップ率 80%、サイドラップ率 60%に設定して飛行計画を行った。

（2）Phantom4 Pro V2.0 を用い、自動航行及びマニュアル操作で空撮を実施。

場所：Section1

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　２名

作業時間：9：00～11：00

離発着箇所：千守突堤

場所：Section2-1

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　２名

作業時間：11：00～12：00

離発着箇所：船着き場

場所：Section2-2

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　２名

作業時間：13：00～13：30

離発着箇所：ナナファーム様駐車場裏側

場所：Section2-3

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　２名

作業時間：13：30～14：00

離発着箇所：コスモ石油様跡地

※ 箇所は桟橋まで離隔が必要のため、斜めから空撮を行った。

場所：Section3-1

作業日時：令和２年 10 月 12 日

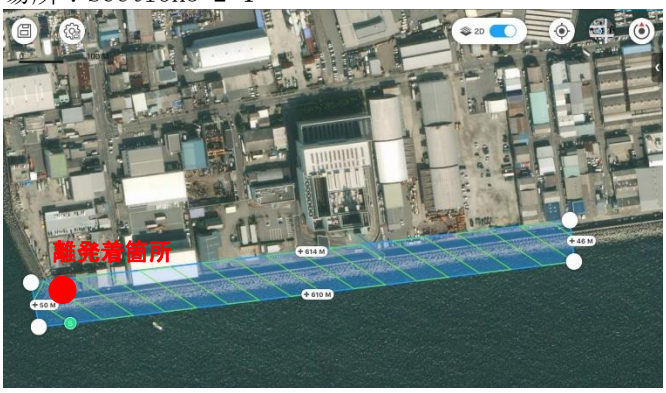
作業配員：操縦者　１名、補助者　３名

作業時間：14：30～15：30

離発着箇所：神戸市建設局中央水環境センター様敷地裏側

※ [ ] 箇所は桟橋まで離隔が必要のため、斜めから空撮を行った。

場所：Section3-2-1



作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　３名

作業時間：13：30～14：00

離発着箇所：藤田酸素工業様前面道路

場所：Section3-2-1

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　３名

作業時間：14：00～14：30

離発着箇所：日本通運様前面道路

場所：Section4-1

作業日時：令和２年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　１名、補助者　３名

作業時間：12：00～12：30

離発着箇所：伊丹産業様前面道路

場所：Section4-2

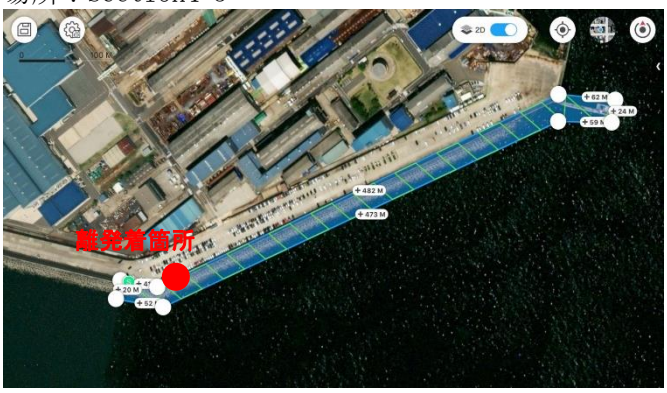
作業日時：令和 2 年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　1 名、補助者　3 名

作業時間：9：30～10：30

離発着箇所：三菱電機様浜駐車場

場所：Section4-3



作業日時：令和 2 年 10 月 12 日

作業配員：操縦者　1 名、補助者　3 名

作業時間：11：00～12：00

離発着箇所：三菱重工様浜駐車場

図-3　ドローン離陸前（Section4）

図-4　作業風景（Section4）

3. 成果物の内容とデータ形式

内容	データ形式
写真データ	.jpg
三次元点群データ	.las or .txt

３.航空レーザ測量（台風発生前）

1）内容・方法

1）飛行計画及び飛行実施概要

（1）写真測量と同様に飛行計画を行った。

（2）Matrice600 Pro を用い、自動航行及びマニュアル操作でレーザ測量を実施。

図-5　レーザ機器搭載作業（Section1）

図-6　作業風景（Section2）

図-7　作業風景（Section3）

図-8　作業風景（Section4）

飛行日時：令和２年 10 月 12 日（月）９時 00 分～17 時 00 分
　　令和２年 10 月 13 日（火）９時 30 分～16 時 00 分
飛行時間：計約 90 分
データ処理：約５日間
内容・方法：

・実施内容

①DJI 社製無人航空機「Matrice600 Pro」にイエロースキャン社製レーザ機器「YellowScan Vx」を搭載して、航空レーザ測量を実施した。

②SONY「レンズ交換式デジタルカメラ　α6000」を搭載し、写真も併せて撮影した。

・飛行方法

自動航行及びマニュアル操作

・実施体制

ドローン操縦士２名、補助者５名

・飛行経路・高度

写真測量と同様に実施した。

成果物の内容とデータ形式

内容	データ形式
写真データ	.jpg
三次元点群データ	. las or .txt

④自由提案事業

４.経年変化による海岸防護施設の状況把握

1）内容・方法

1）実施概要

(1) 基準点については、台風発生前に設置したものを使用した。

(2) 飛行計画については、台風発生前と同等に実施した。

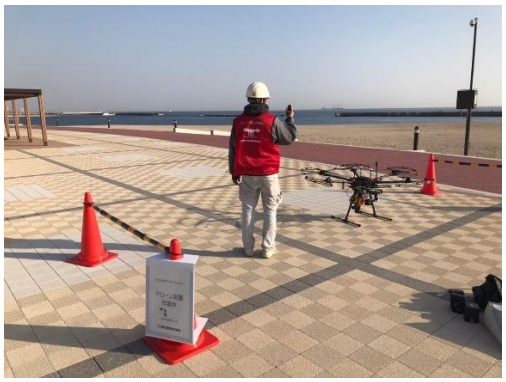


図-9　作業風景（Section1）

図-10　作業風景（Section2）

図-11　作業風景（Section3）

図-12　作業風景（Section4）

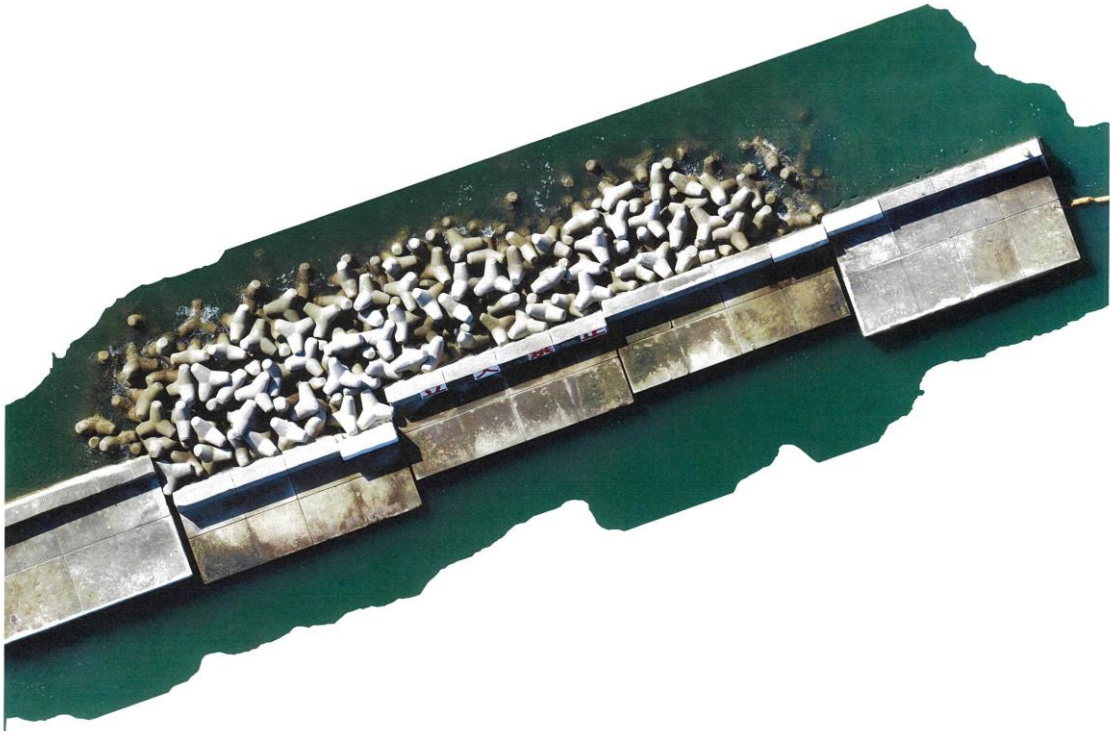
飛行日時：令和３年１月 13 日（水）９時 00 分～17 時 00 分
　　令和３年１月 14 日（木）９時 00 分～16 時 00 分
飛行時間：計約 90 分
データ処理：約５日間
内容・方法：
・実施内容
　①DJI 社製無人航空機「Phantom4 Pro V2.0」を用い、空中写真測量を実施した。
　②DJI 社製無人航空機「Matrice600 Pro」にイエロースキャン社製レーザ機器「YellowScan Vx」を搭載して、航空レーザ測量を実施した。
　②SONY「レンズ交換式デジタルカメラ　α6000」を搭載し、写真も併せて撮影した。
・飛行方法
　自動航行及びマニュアル操作
・実施体制
　ドローン操縦士３名、補助者５名
　（写真測量　２班　レーザ測量　１班体制で実施）
・飛行経路・高度
　台風発生前時と同様に実施した。
・1 月 13 日に兵庫県内で発令された緊急事態宣言の影響で、三菱電機様への敷地内への進入不可となったためセクション４の二回目フライトは未実施となった。

⑤解析結果Ⅰ

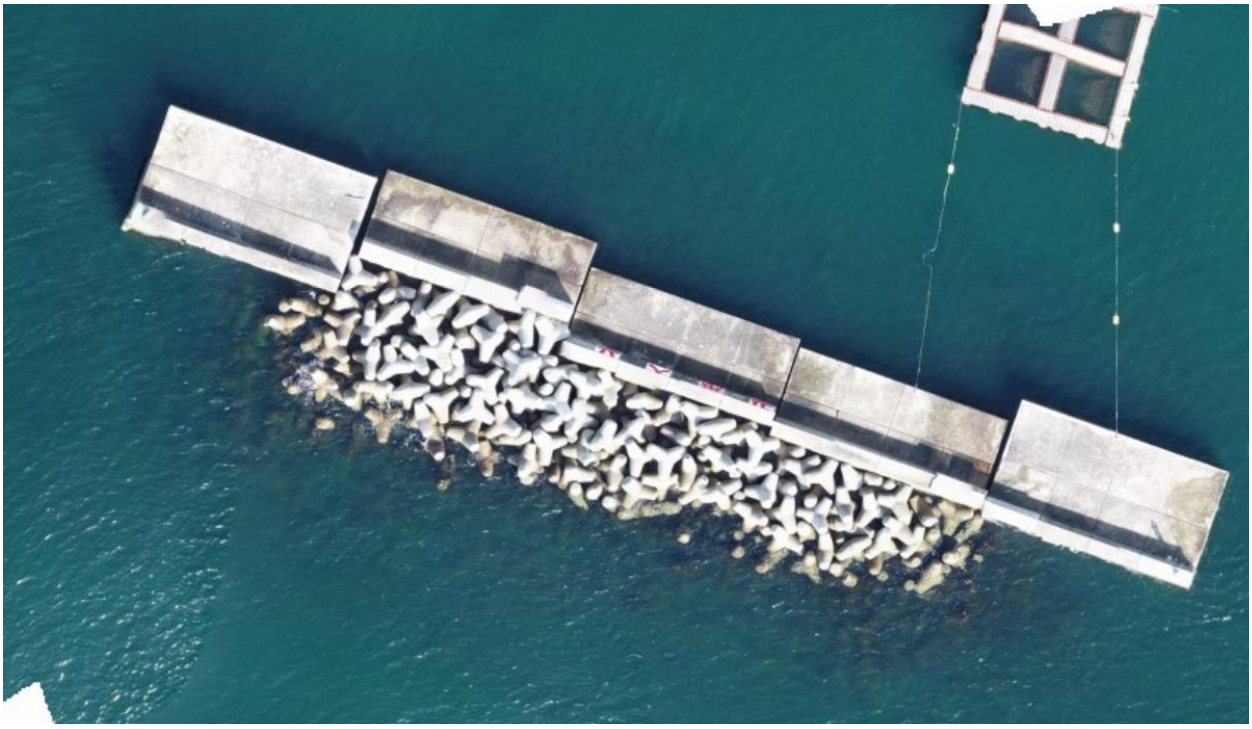
5．オルソ画像の作成

1）オルソ画像

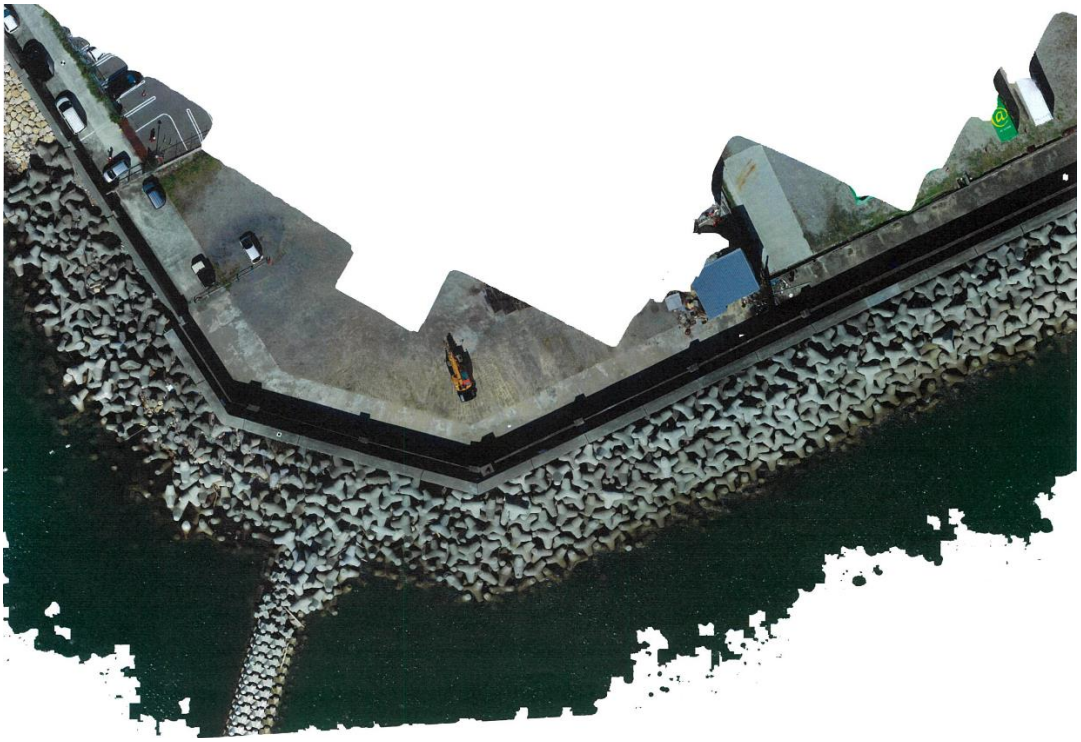
(a) Section1（一回目）



(b) Section1（二回目）



(c) Section2（一回目）

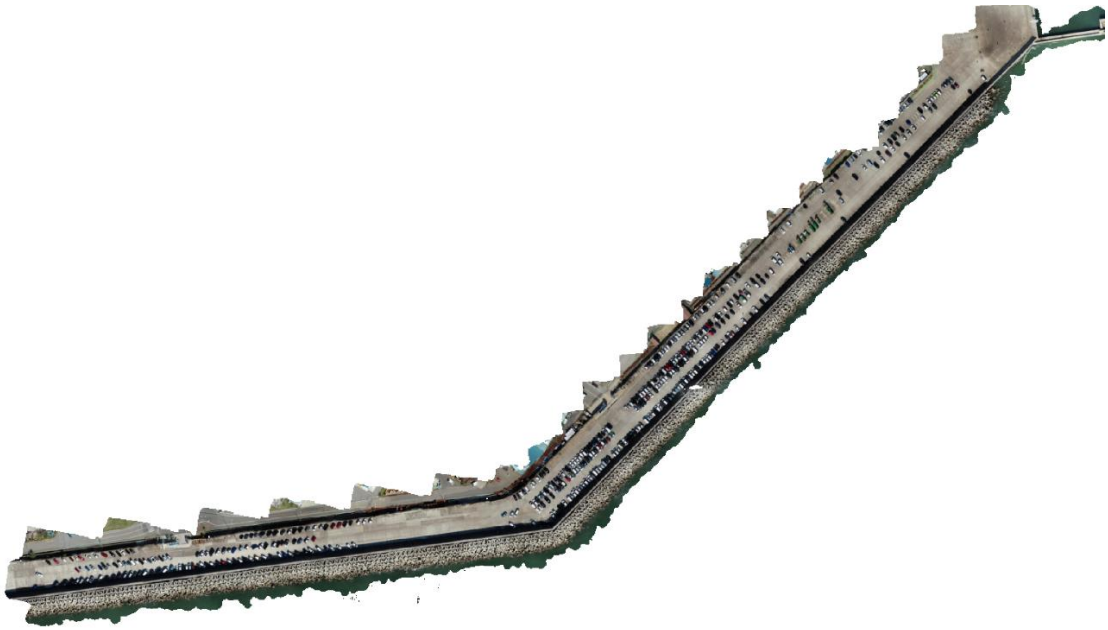


(d) Section2（二回目）

(e) Section3（一回目）

(f) Section3（二回目）

(g) Section4（一回目）



(h) Section4（二回目）

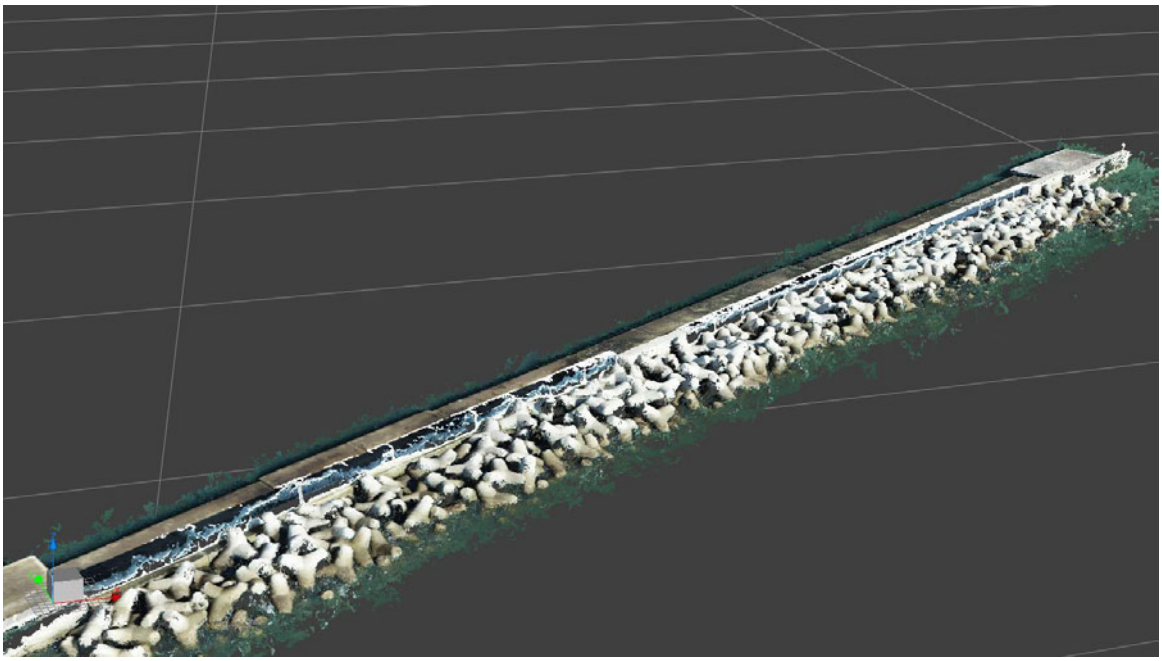
1 月 13 日に兵庫県内で発令された緊急事態宣言の影響により、三菱電機様敷地内への進入が不許可となった。よって、Section4（二回目）については未作成。

⑥解析結果Ⅱ

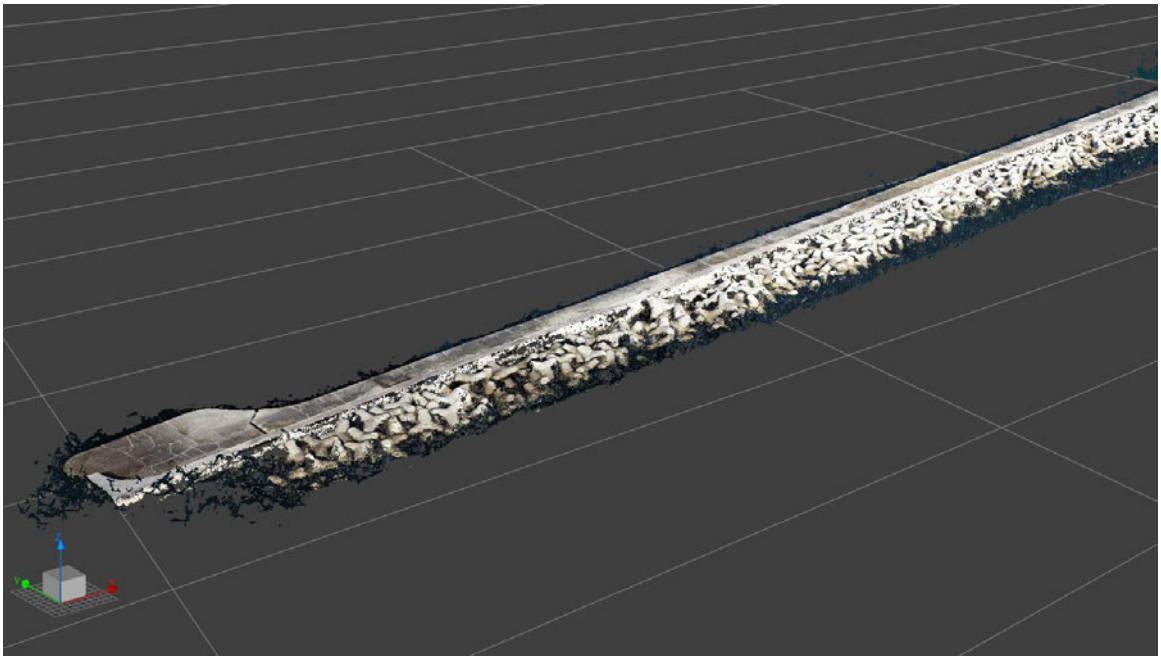
6．三次元モデルの作成

1）三次元モデル

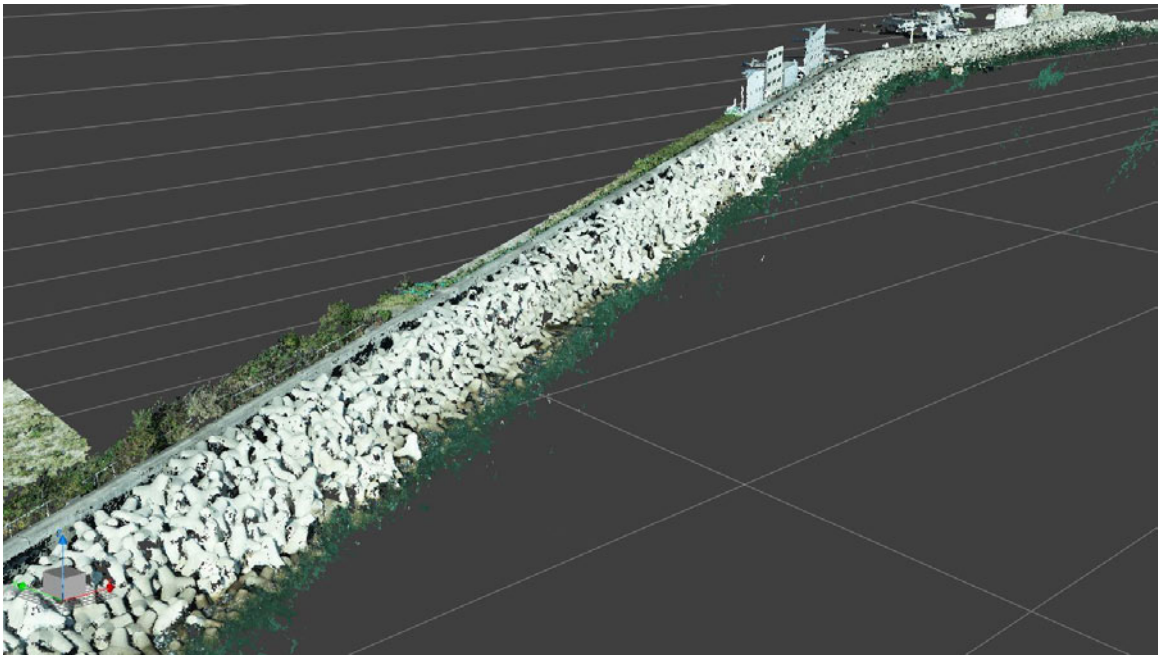
(a) Section1（一回目）



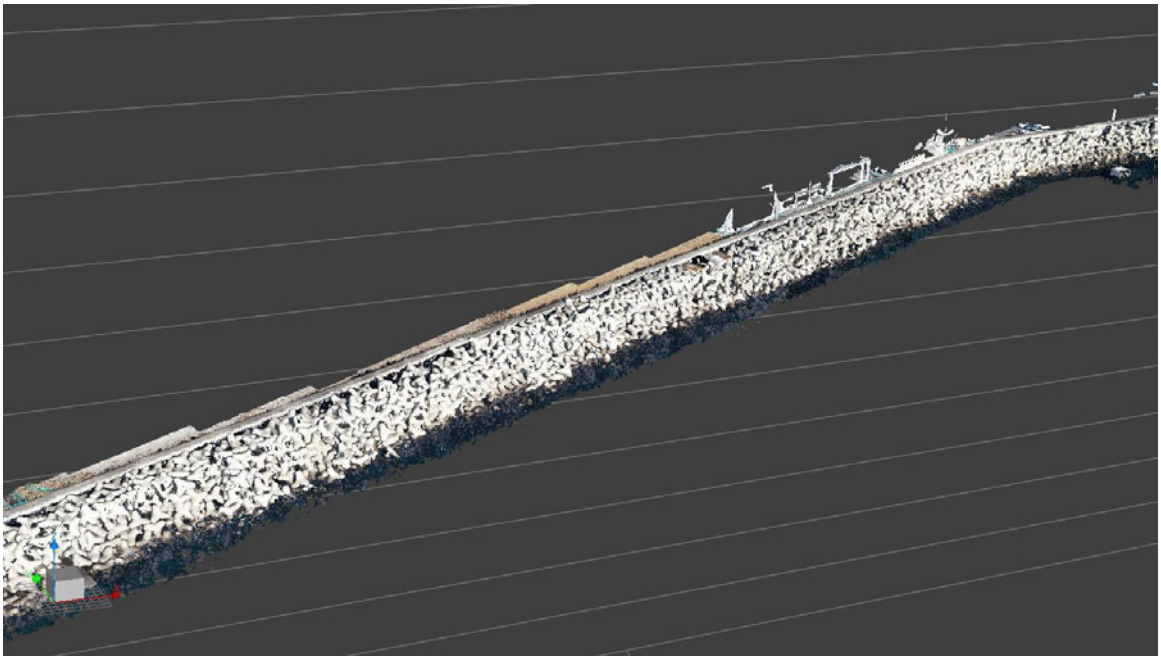
(b) Section1（二回目）



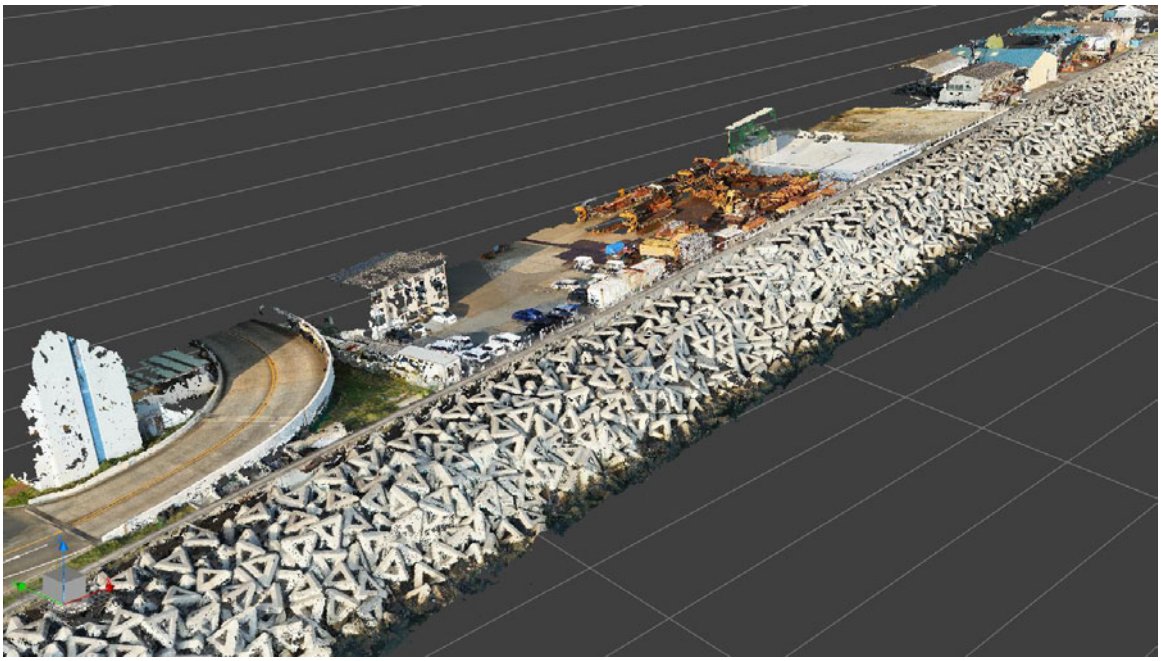
(c) Section2（一回目）



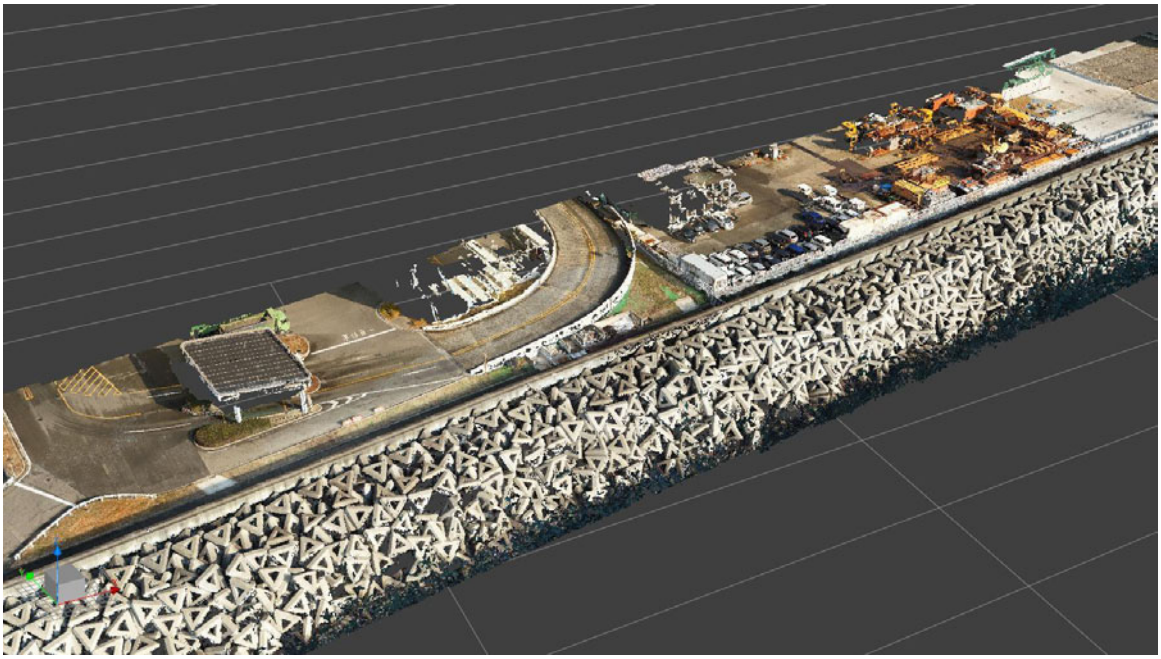
(d) Section2（二回目）



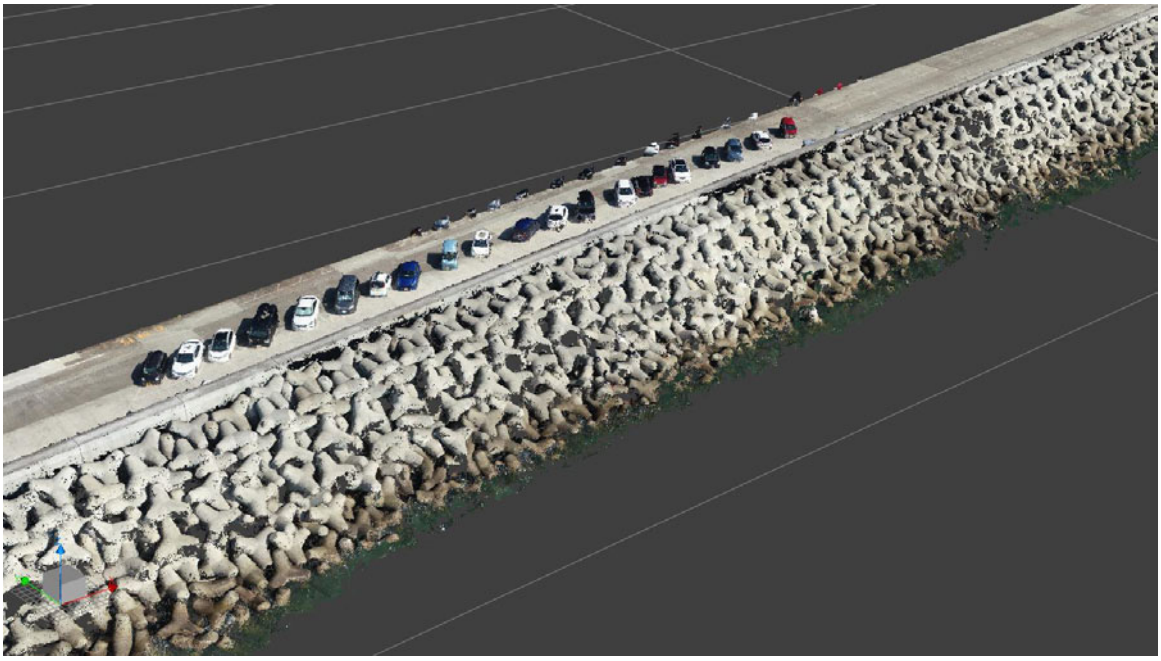
(e) Section3（一回目）



(f) Section3（二回目）



(g) Section4（一回目）



(h) Section4（二回目）

1 月 13 日に兵庫県内で発令された緊急事態宣言の影響により、三菱電機様敷地内への進入が不許可となった。よって、Section4（二回目）については未作成。

⑦結果-④　一回目・二回目との比較モデルの作成

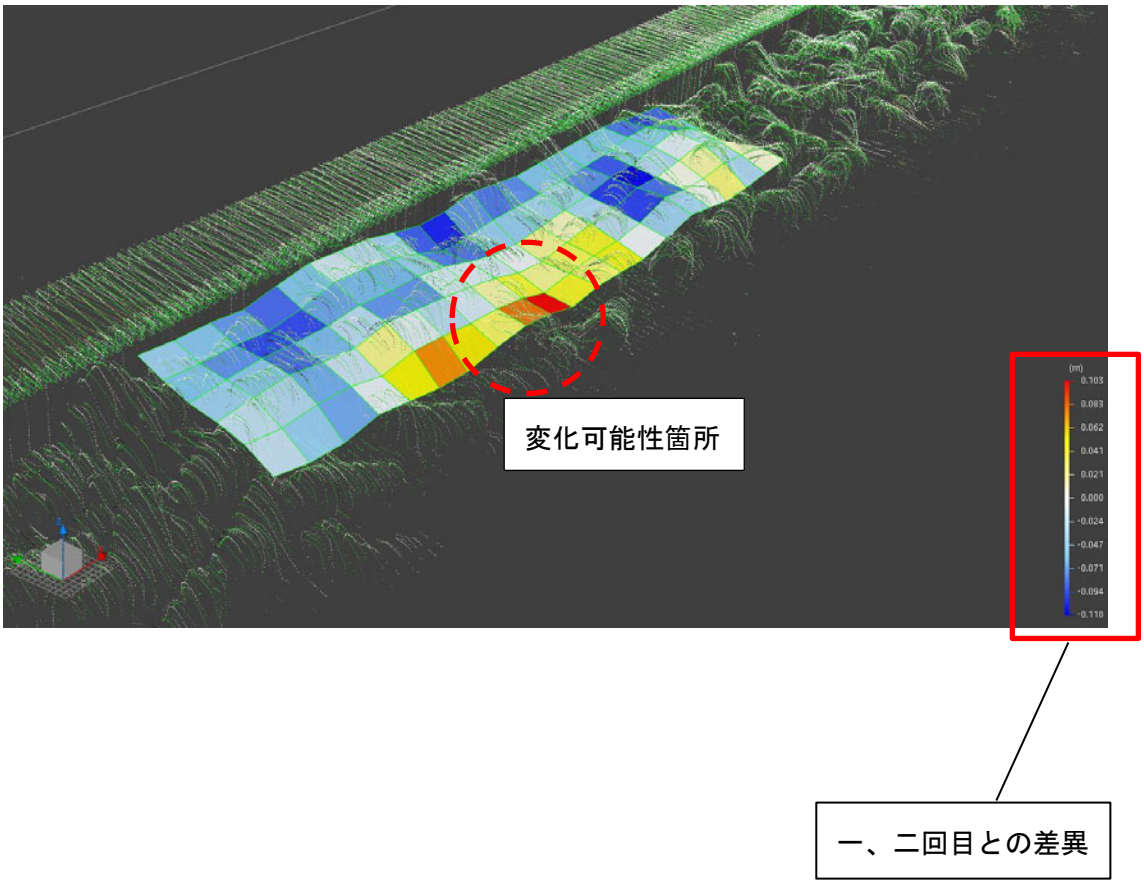
7.比較モデルの作成

1）概要・方法

（1）実施概要

・一回目・二回目の三次元モデルを作成し、重ね合わせる。

・3D 点群処理ソフトを使用し、一回目・二回目との差異を確認する。（図-13 参照）



（2）方法

（a）比較モデル図の概要について

図-13 は一回目モデルと二回目モデルを重ね合わせたモデルである。一回目を基準として＋側か―側かを可視化した。

図-13 内右下は、対象モデル同士の数値差異の最大値・最小値を示しており、赤色（暖色系）になればなるほど＋側へ変化が大きく、青色（寒色系）になればなるほど―側へ変化が大きい結果となる。

図-13 内、赤丸（変化箇所）は変化の可能性が考えられる箇所である。

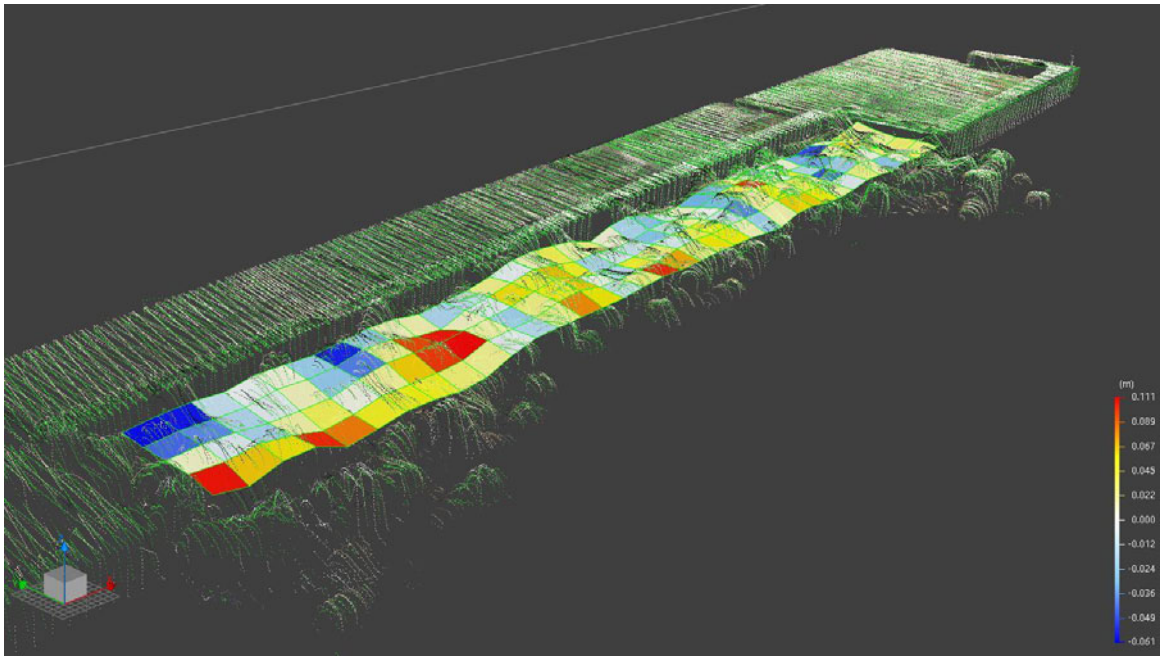
（b）数値差異の最大・最小基準値の設定について

最大・最小基準値の設定においては、国土地理院「UAV を用いた公共測量マニュアル」より、「工事測量（部分払い用出来高計測）」の要求精度±0.20mを採用し、精度以上となる場合は、写真及び三次元モデルより確認するものとする。

⑧一回目・二回目との比較モデルの作成

・Section1 比較場所（国土地理院地図より引用）

・Section1 比較モデル

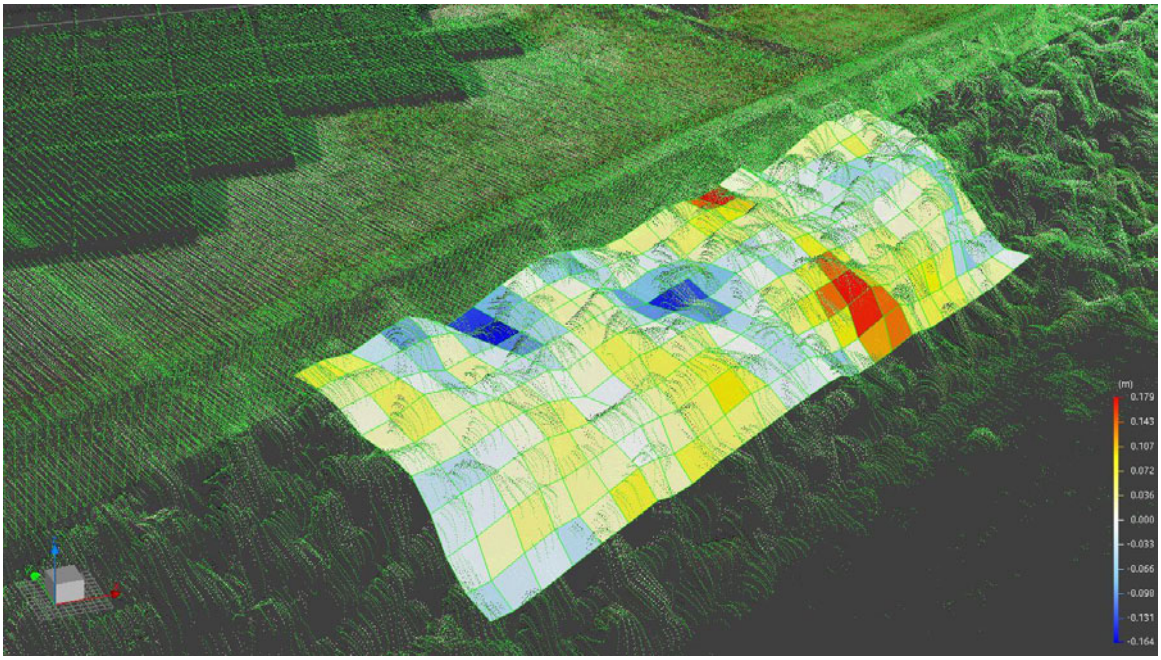


結果：要求精度内となり、経年変化はなかったと思われる。

⑨一回目・二回目との比較モデルの作成

・Section2 比較場所（国土地理院地図より引用）

・Section2 比較モデル

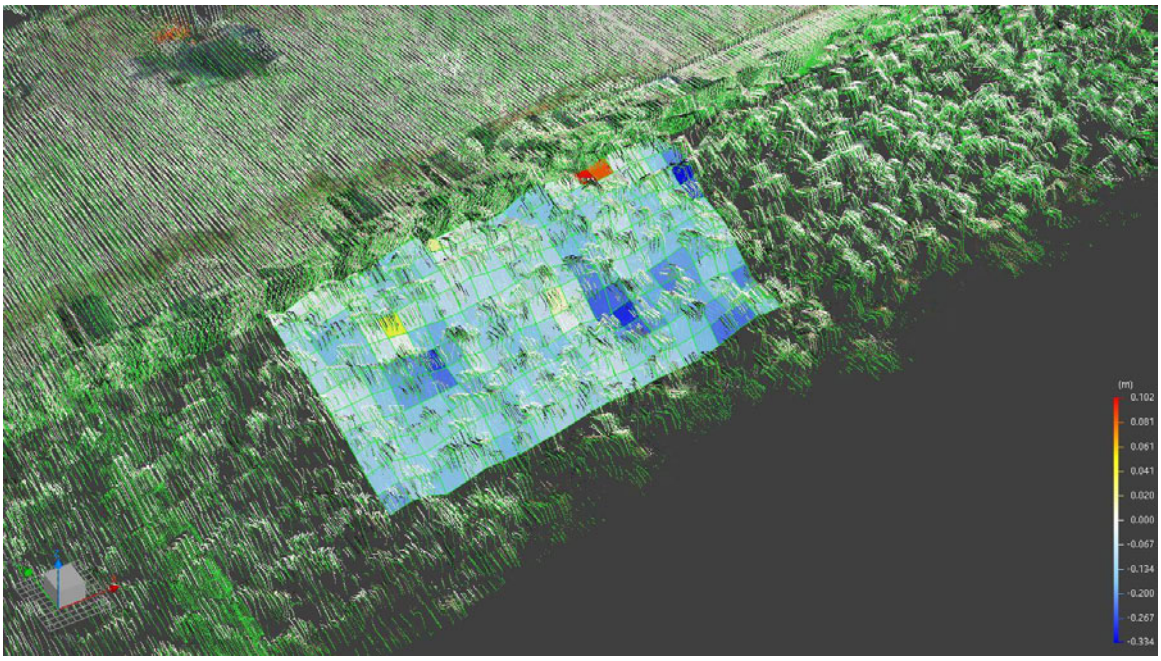


結果：要求精度内となり、経年変化はなかったと思われる。

⑨一回目・二回目との比較モデルの作成

・Section3-1 比較場所（国土地理院地図より引用）

・Section3-1 比較モデル

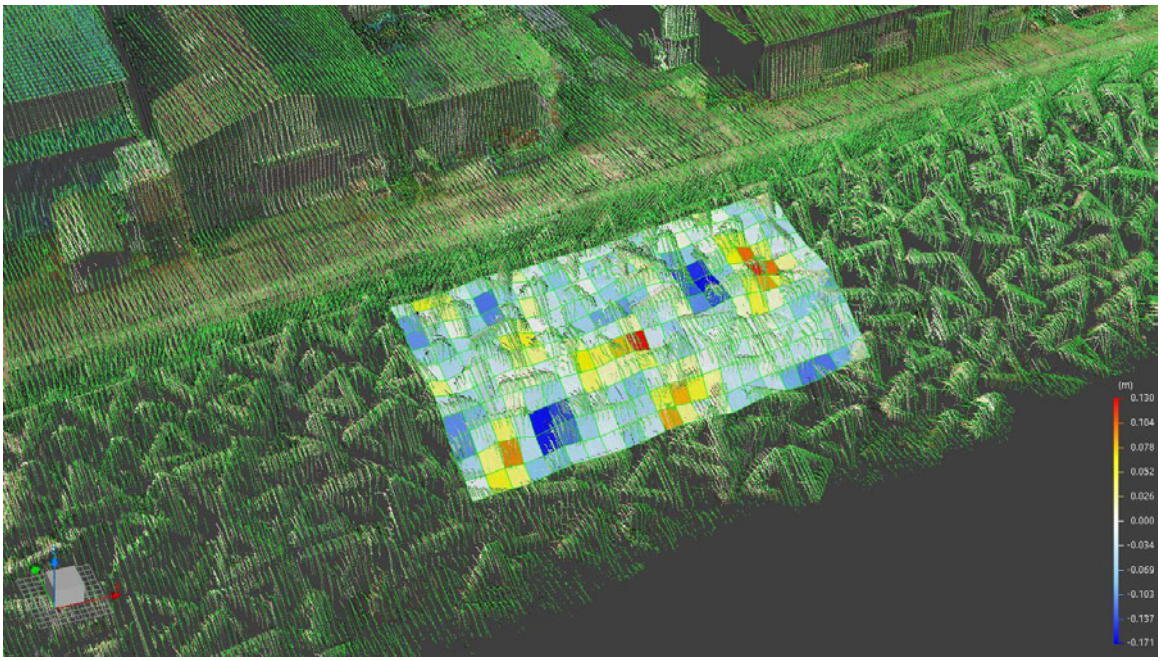


結果：一側最大値が 0.334（m）となり、要求精度以上となったため、経年変化の可能性が考えられる。
写真データ及び三次元モデルより変化の確認を行う。

⑨一回目・二回目との比較モデルの作成

・Section3-2 比較場所（国土地理院地図より引用）

・Section3-2 比較モデル



結果：要求精度内となり、経年変化はなかったと思われる。

※1 月 13 日に兵庫県内で発令された緊急事態宣言の影響により、三菱電機様敷地内への進入が不許可となった。よって、Section4（二回目）については未作成。

⑩費用

費目	1）基準点測量	2）空中写真測量	3）航空レーザ測量
直接経費※			
その他の諸経費			
合計（税込）			

※ドローンの飛行及びデータ処理に係る人件費、機械経費、旅費交通費等
金額は総事業費を日数等で按分した概算額です

⑪その他考察（ヒヤリハット、失敗、課題等）

1）基準点測量

台風発生前に空中写真測量のための基準点測量を実施した。実施に際して、現地に鋲を埋設するため、場所の選定が必要であった。しかし、護岸施設へ作業するためには、事前に各隣接企業への敷地進入許可等が必要になり、作業工程に大幅な遅延が生じた。

2）空中写真測量

Section2、3 において、桟橋上の飛行が管理者から不許可のため、防潮堤から約 50～100m離して斜撮影を行った。取得した写真データで解析を行ったが、桟橋箇所の護岸施設は歪みが大きく出てしまった。

また、国土地理院が定めている「UAV を用いた公共測量マニュアル」では、標定点（水平位置及び標高の基準となる点）は計測対象範囲を囲むように外側標定点を配置し、計測対象範囲内に内側標定点を配置することを標準とされている。しかし、今回は対象地が海に面していることより外側標定点や内側標定点の配置ができず、ほぼ直線上での配置とせざるを得なかった。よって、あまり高精度のデータ作成ができなかった。

3）航空レーザ測量

今回、作業効率・精度向上のために、写真測量と併せて実施した。航空レーザ測量では、レーザ光を照射して返ってくるまでの時間を測定し距離に換算、また、照射角度から対象物の座標値（X,Y,Z）を算出し、電子基準点による解析方法のため、世界測地系での観測が可能となる。よって、写真測量のように複数点の標定点設置を行わず、標定点・検証点の設置作業を最小限に省略できる。

写真測量では、飛行前の標定点の配置や飛行後の標定点回収作業が必要になり、飛行時間外のタイムロスが顕著に表れた。今後、災害発生後の早急な現況把握において、航空レーザ測量が有効になるのではないかと思われる。

3）自由提案事業

自由提案事業として、台風発生前後での海岸防護施設の状況比較を提案した。
しかし、今季は大きな台風が当該地へは直撃しなかったため、やむを得ず「経年変化による海岸防護施設の状況把握」として、計二回の測量飛行を実施した。

この度の自由提案では、本来実施する予定だった「台風前後の海岸防護施設の比較」はできなかったが、三次元比較モデルを作成することで、護岸施設の変化の度合いを数値化及び可視化することに成功した。今後、台風発生前後で同様に実施することで、従来のように船をだして現場で目視調査をせずとも、事務所内で変化がみられる箇所の洗い出しが可能になる。

比較については、国土地理院「UAV を用いた公共測量マニュアル」より、「工事測量（部分払い用出来高計測）」の要求精度±0.20（m）を採用した。

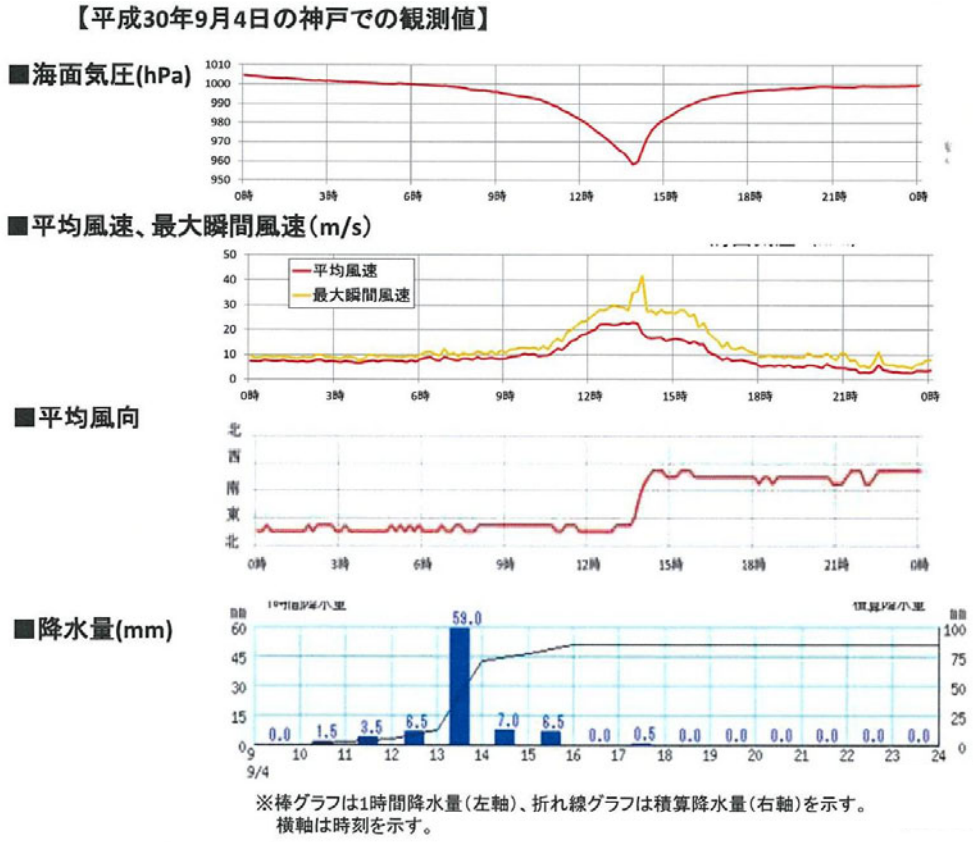
全体の結果としては、Section3-1 で要求精度以上となったため、経年変化可能性箇所として写真データ及び三次元モデルより目視確認を行った。目視確認上では特に変化のみられる箇所はなかったため、大きな経年変化はなかったと思われる。

⑪その他考察（ヒヤリハット、失敗、課題等）

4）今後の課題について

今回は大きな台風が発生しなかったため「経年変化による海岸防護施設の状況把握」として、前後比較を行った。今後、台風が発生した際に、いかに早く作業が実施できるかが課題となる。

台風発生後にＵＡＶを飛行させるにあたり、問題となることは「風・雨」である。一般的に、台風通過後、雨は降らないため、風が一番大きな障害となる。今回の飛行時の最大瞬間風速が約 10m/ｓであったため、10m/ｓまでの風速であれば飛行はできると思われる。



上記グラフは平成 30 年に発生した「台風 21 号」の観測データである。
観測データより、12 時～15 時で最大瞬間風速 40m/ｓ以上を記録しており、ピーク値であると考えられる。しかし、18 時以降にはＵＡＶが飛行可能な風速 10m/ｓまで落ち着いている。
つまり、台風 21 号を例とすると、台風ピーク時から約 6 時間以降であれば、ＵＡＶの飛行が可能となる。ただし、あくまで台風 21 号の観測データからの予測のため、実際には現地の状態をよく観察してから飛行することが望ましい。